

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 946 078**

51 Int. Cl.:

**G01R 31/385** (2009.01)

**G01R 31/392** (2009.01)

**G01R 31/396** (2009.01)

**H01M 10/42** (2006.01)

**H01M 10/48** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.09.2020 PCT/KR2020/013277**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2021 WO21091086**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2020 E 20884925 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.04.2023 EP 3982138**

54 Título: **Aparato de diagnóstico de batería, método de diagnóstico de batería y sistema de almacenamiento de energía**

30 Prioridad:

**05.11.2019 KR 20190140356**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.07.2023**

73 Titular/es:

**LG ENERGY SOLUTION, LTD. (100.0%)  
Tower 1, 108, Yeoui-daero, Yeongdeungpo-gu  
Seoul 07335, KR**

72 Inventor/es:

**LEE, HYUN-CHUL;  
KWON, DONG-KEUN;  
KIM, SEUNG-HYUN;  
KIM, AN-SOO y  
YOON, SUNG-YUL**

74 Agente/Representante:

**VEIGA SERRANO, Mikel**

ES 2 946 078 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Aparato de diagnóstico de batería, método de diagnóstico de batería y sistema de almacenamiento de energía

### 5 Sector de la técnica

La presente descripción se refiere a tecnología para diagnosticar un fallo en una celda de batería a partir de un cambio en el voltaje de la celda de batería, en un estado de reposo de la misma.

### 10 Estado de la técnica

Recientemente, se ha producido un enorme aumento en la demanda de productos electrónicos portátiles tales como ordenadores portátiles, cámaras de vídeo y teléfonos móviles, y, dado el amplio desarrollo de los vehículos eléctricos, los acumuladores para el almacenamiento de energía, los robots y los satélites, se están realizando muchos estudios sobre baterías de alto rendimiento que se puedan recargar repetidamente.

Actualmente, las baterías disponibles en el mercado incluyen baterías de níquel-cadmio, baterías de níquel-hidrógeno, baterías de níquel-zinc, baterías de litio y similares y, entre ellas, las baterías de litio presentan un nivel bajo o inexistente de efecto de memoria y, por lo tanto, resultan más llamativas que las baterías de níquel por las ventajas de que se pueden recargar cuando sea conveniente, su tasa de autodescarga es muy baja y su densidad de energía es alta.

El documento CN107860975 describe el monitoreo del voltaje de una batería completa a partir del promedio a lo largo del tiempo de los voltajes separados en varios períodos sucesivos.

Por otro lado, es muy extendido el uso de un conjunto de celdas que incluya de pocas a unas decenas de celdas de batería conectadas eléctricamente en serie para generar un voltaje elevado. Cuando fallan algunas de las celdas de batería, cada celda de batería defectuosa puede experimentar una caída de voltaje extraordinariamente elevada incluso en un estado de reposo en el cual estén inactivas la carga y descarga. El documento US2013/311118 divulga un sistema de gestión de batería, en donde se monitorea individualmente cada celda de un conjunto de batería durante los ciclos de carga/descarga.

La técnica relacionada efectúa mediciones de voltaje en celda de cada una de una pluralidad de celdas de batería en un punto temporal específico, y diagnósticos de fallas en cada celda de batería a partir de una diferencia entre cada voltaje de celda y el voltaje de celda promedio. Sin embargo, dado que el voltaje de celda depende de un defecto en la propia celda de batería, así como del estado de carga y el nivel de degradación, la técnica relacionada que mide el voltaje de celda una vez en el punto temporal específico presenta un alto error de diagnóstico. Por ejemplo, una celda de batería normal puede diagnosticarse erróneamente como una celda de batería defectuosa, o una celda de batería defectuosa puede diagnosticarse erróneamente como una celda de batería normal.

40

### Objetivo de la invención

#### Problema técnico

45 La presente divulgación está diseñada para resolver el problema descrito anteriormente y, por lo tanto, la presente divulgación está dirigida a proporcionar un aparato y un método para diagnosticar una falla en cada una de una pluralidad de celdas de batería conectadas en serie y/o en paralelo, a partir de cambios de voltaje en cada celda de batería durante el estado de reposo, y un sistema de almacenamiento de energía que comprende el aparato.

50 Estos/as y otros/as objetos y ventajas de la presente divulgación se entenderán mediante la siguiente descripción y serán evidentes a partir de las realizaciones de la presente divulgación. De forma adicional, se entenderá fácilmente que los objetos y ventajas de la presente divulgación pueden realizarse mediante los medios expuestos en las reivindicaciones adjuntas y mediante combinaciones de los mismos.

### 55 Solución técnica

Un aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación incluye una unidad de medición de voltaje, configurada para medir un voltaje de celda de cada una de una primera a una  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería, y una unidad de control acoplada operativamente a la unidad de medición de voltaje, en donde  $n$  es un número natural de 2 o mayor. La unidad de control está configurada para determinar un primer a un  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para un primer período de descanso asociado con la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería en una relación de uno a uno, en función del voltaje de celda de cada celda de batería que se mide un primer número de veces durante el primer período de descanso, en donde el primer período de descanso va desde un primer punto temporal hasta un segundo punto temporal. La unidad de control está configurada para determinar un primer a un  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para un segundo período de descanso asociado con la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería en una relación de uno a uno, en función del voltaje de celda de cada celda de batería que se mide un segundo número de veces

durante el segundo período de descanso, en donde el segundo período de descanso va desde un tercer punto temporal hasta un cuarto punto temporal. El tercer punto temporal es posterior al segundo punto temporal, y es un punto temporal en el cual ha pasado un tiempo umbral desde el primer punto temporal. La unidad de control está configurada para diagnosticar una falla en cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería, en función del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso y del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso.

El primer punto temporal puede ser un punto temporal en el cual la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería se cambian de un estado de ciclo a un estado de reposo.

La unidad de control puede configurarse para determinar el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso, usando la siguiente Ecuación 1:

<Ecuación 1>

$$V_{k,1} = \frac{1}{i} \times \sum_{x=1}^i V_k[x]$$

en donde k es un número natural que es igual o menor que n, i es el primer número de veces, x es un número natural que es igual o menor que i,  $V_k[x]$  es el voltaje de celda de la  $k^{\text{ésima}}$  celda de batería medido en el  $x^{\text{ésimo}}$  tiempo dentro del primer período de descanso, y  $V_{k,1}$  es el  $k^{\text{ésimo}}$  voltaje de celda promedio para el primer período de descanso.

La unidad de control puede configurarse para determinar el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso, usando la siguiente Ecuación 2:

<Ecuación 2>

$$V_{k,2} = \frac{1}{j} \times \sum_{y=1}^j V_k[y]$$

en donde k es un número natural que es igual o menor que n, j es el segundo número de veces, y es un número natural que es igual o menor que j,  $V_k[y]$  es el voltaje de celda de la  $k^{\text{ésima}}$  celda de batería medido en el  $x^{\text{ésimo}}$  tiempo dentro del segundo período de descanso, y  $V_{k,2}$  es el  $k^{\text{ésimo}}$  voltaje de celda promedio para el segundo período de descanso.

La unidad de control puede configurarse para determinar un primer voltaje de referencia en función del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso. La unidad de control puede configurarse para determinar un segundo voltaje de referencia en función del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso.

La unidad de control puede configurarse para determinar un primer a un  $n^{\text{ésimo}}$  valores de referencia asociados con la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería en una relación de uno a uno, usando la siguiente Ecuación 3:

<Ecuación 3>

$$R_k = \frac{V_{k,1} - V_{k,2}}{V_{ref,1} - V_{ref,2}}$$

en donde k es un número natural que es igual o menor que n,  $V_{ref,1}$  es el primer voltaje de referencia,  $V_{ref,2}$  es el segundo voltaje de referencia, y  $R_k$  es el  $k^{\text{ésimo}}$  valor de referencia.

La unidad de control puede configurarse para determinar un primer a un  $n^{\text{ésimo}}$  valores de referencia asociados con la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería en una relación de uno a uno, usando la siguiente Ecuación 4:

<Ecuación 4>

$$R_k = \frac{V_{ref,2} - V_{k,2}}{V_{ref,1} - V_{k,1}}$$

en donde k es un número natural que es igual o menor que n,  $V_{ref,1}$  es el primer voltaje de referencia,  $V_{ref,2}$  es el segundo voltaje de referencia, y  $R_k$  es el  $k^{\text{ésimo}}$  valor de referencia.

La unidad de control puede configurarse para diagnosticar que la  $k^{\text{ésima}}$  celda de batería está defectuosa cuando el

$k^{\text{ésimo}}$  valor de referencia sea igual o mayor que un valor de diagnóstico umbral predeterminado que sea mayor que 1.

La unidad de control puede configurarse para determinar el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  valores de diagnóstico en función de la capacidad máxima de cada una de la primera a  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería, siendo cada valor de diagnóstico mayor que 1. La unidad de control puede configurarse para diagnosticar que la  $k^{\text{ésima}}$  celda de batería está defectuosa cuando el  $k^{\text{ésimo}}$  valor de referencia sea igual o mayor que el  $k^{\text{ésimo}}$  valor de diagnóstico.

La unidad de control se puede configurar para aumentar el  $k^{\text{ésimo}}$  valor de diagnóstico a medida que se reduzca la capacidad máxima de la  $k^{\text{ésima}}$  celda de batería.

La unidad de control puede configurarse para determinar el tiempo umbral en función de una capacidad máxima promedio de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería.

La unidad de control puede configurarse para reducir el tiempo umbral a medida que se reduzca la capacidad máxima promedio.

Un sistema de almacenamiento de energía de acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación incluye el aparato de diagnóstico de batería.

Un método de diagnóstico de batería de acuerdo con otro aspecto más de la presente divulgación puede ejecutarse mediante el aparato de diagnóstico de batería. El método de diagnóstico de batería incluye determinar un primer a un  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para un primer período de descanso asociado con una primera a una  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería en una relación de uno a uno, respectivamente, en función de los voltajes de celda de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería medidos un primer número de veces durante el primer período de descanso, en donde el primer período de descanso va desde un primer punto temporal hasta un segundo punto temporal, y  $n$  es un número natural de 2 o mayor, determinar un primer a un  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para un segundo período de descanso asociado con la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería en una relación de uno a uno, en función de un voltaje de celda de cada celda de batería medido un segundo número de veces durante el segundo período de descanso, en donde el segundo período de descanso va desde un tercer punto temporal hasta un cuarto punto temporal, y el tercer punto temporal es posterior al segundo punto temporal, y es un punto temporal en el cual ha pasado un tiempo umbral desde el primer punto temporal, y diagnosticar una falla en cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería en función del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso y del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso.

### 35 Efectos ventajosos

De acuerdo con al menos una de las realizaciones de la presente divulgación, es posible diagnosticar una falla (por ejemplo, un cortocircuito interno, un cortocircuito externo) en cada una de una pluralidad de celdas de batería conectadas en serie y/o en paralelo a partir de cambios de voltaje en cada celda de batería durante el período en el cual se mantiene en reposo cada celda de batería.

De forma adicional, de acuerdo con al menos una de las realizaciones de la presente divulgación, es posible mejorar la precisión del diagnóstico y reducir el tiempo requerido para el diagnóstico ajustando el umbral (por ejemplo, el tiempo umbral, el valor de diagnóstico tal como se describe a continuación) utilizado para el diagnóstico de fallas en función de la capacidad máxima de cada celda de batería.

Los efectos de la presente divulgación no se limitan a los efectos mencionados anteriormente, y los expertos en la técnica entenderán claramente estos y otros efectos a partir de las reivindicaciones adjuntas.

### 50 Descripción de las figuras

Los dibujos adjuntos ilustran una realización preferida de la presente divulgación y, junto con la descripción detallada de la presente divulgación que se describe a continuación, sirven para proporcionar una mayor comprensión de los aspectos técnicos de la presente divulgación y, por lo tanto, la presente divulgación no debe interpretarse como limitada a los dibujos.

La FIG. 1 es un diagrama que muestra a modo de ejemplo una configuración de un sistema 1 de almacenamiento de energía de acuerdo con la presente divulgación.

La FIG. 2 es un gráfico que muestra a modo de ejemplo los cambios de voltaje en tres celdas de batería mantenidas en un estado de reposo, respectivamente.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo que muestra a modo de ejemplo un método de diagnóstico de batería de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo que muestra a modo de ejemplo un método de diagnóstico de batería de acuerdo con una segunda realización de la presente divulgación.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo que muestra a modo de ejemplo un método de diagnóstico de batería de acuerdo con una tercera realización de la presente divulgación.

### Descripción detallada de la invención

5 En lo sucesivo en el presente documento, las realizaciones preferidas de la presente divulgación se describirán en detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Antes de la descripción, debe entenderse que los términos o palabras utilizados/as en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas no deben interpretarse como limitados/as a significados generales y de diccionario, sino que deben interpretarse en función de los significados y conceptos correspondientes a los aspectos técnicos de la presente divulgación considerando que el inventor puede definir los términos apropiadamente para una mejor explicación.

10 Por lo tanto, las realizaciones descritas en el presente documento y las ilustraciones que se muestran en los dibujos son solo una realización más preferida de la presente divulgación, pero no están concebidas para describir completamente los aspectos técnicos de la presente divulgación, por lo que debe entenderse que, en el momento en que se presentó la solicitud, podrían haberse hecho en la misma diversas modificaciones y otras realizaciones equivalentes.

Los términos que incluyen un número ordinal, tales como "primero/a", "segundo/a" y similares, se usan para distinguir un elemento de otro entre varios elementos, pero sin pretender limitar los elementos mediante dichos términos.

20 A menos que el contexto indique claramente lo contrario, se entenderá que el término "comprende", cuando se usa en esta memoria descriptiva, especifica la presencia de elementos mencionados, pero no excluye la presencia o adición de uno o más otros elementos. Adicionalmente, la expresión "unidad de control", como se usa en el presente documento, se refiere a una unidad de procesamiento de al menos una función u operación, y puede implementarse mediante hardware o software de forma individual o en combinación.

25 De forma adicional, a lo largo de toda la memoria descriptiva, se entenderá, además, que, cuando se hace referencia a un elemento "conectado a" otro elemento, este puede estar conectado directamente al otro elemento o pueden estar presentes elementos intermedios.

30 La FIG. 1 es un diagrama que muestra a modo de ejemplo una configuración de un sistema 1 de almacenamiento de energía de acuerdo con la presente divulgación.

Con referencia a la FIG. 1, el sistema 1 de almacenamiento de energía incluye un batería 10, un conmutador 20, un controlador 2 de alto nivel, un sistema 30 de conversión de energía y un aparato 100 de diagnóstico de batería.

35 La batería 10 incluye un terminal positivo P+, un terminal negativo P- y una pluralidad de celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  (n es un número natural de 2 o mayor). La pluralidad de celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  (n es un número natural de 2 o mayor) están eléctricamente conectadas en serie y/o en paralelo entre el terminal positivo P+ y el terminal negativo P-. Cada celda de batería CB puede ser una celda de batería de iones de litio. La CB puede incluir cualquier tipo de celda de batería que pueda recargarse repetidamente y no se limita a un tipo en particular.

40 El conmutador 20 está instalado en una línea de alimentación LA para la batería 10. Mientras el conmutador 20 está encendido, uno cualquiera de la batería 10 y el sistema 30 de conversión de energía puede transmitir energía al otro, y viceversa. El conmutador 20 puede realizarse combinando al menos uno de dispositivos de conmutación conocidos, tales como un relé y un transistor de efecto de campo (FET).

45 El sistema 30 de conversión de energía está acoplado operativamente al aparato 100 de diagnóstico de batería. El sistema 30 de conversión de energía puede generar energía de corriente continua (CC), para cargar la batería 10, a partir de energía de corriente alterna (CA) de una red eléctrica 40. El sistema 30 de conversión de energía puede generar energía de CA a partir de la energía de CC de la batería 10.

50 El aparato 100 de diagnóstico de batería (en lo sucesivo, el "aparato") incluye una unidad 110 de medición de voltaje y una unidad 140 de control. El aparato 100 puede incluir además al menos una unidad 120 de medición de corriente, una unidad 130 de medición de temperatura o una unidad 150 de comunicación.

55 La unidad 110 de medición de voltaje incluye al menos un sensor de voltaje que se proporciona para su conexión eléctrica al terminal positivo y al terminal negativo de cada celda de batería CB. La unidad 110 de medición de voltaje está configurada para medir un voltaje de celda de cada celda de batería CB, es decir, un voltaje a través de cada celda de batería CB, y para enviar a la unidad 140 de control una señal indicativa del voltaje de celda medido.

60 La unidad 120 de medición de corriente se proporciona para su conexión eléctrica en serie a la batería 10 a través de la línea de alimentación LA. Por ejemplo, la unidad 120 de medición de corriente puede incluir una resistencia de derivación o un dispositivo de efecto Hall. La unidad 120 de medición de corriente está configurada para medir una corriente eléctrica que fluya a través de la línea de alimentación LA y para enviar a la unidad 140 de control una señal indicativa de la corriente medida.

65

La unidad 130 de medición de temperatura incluye al menos un sensor de temperatura dispuesto dentro de una distancia predeterminada con respecto a la batería 10. Por ejemplo, el sensor de temperatura puede incluir un termopar. La unidad 130 de medición de temperatura está configurada para medir la temperatura de la batería 10 y enviar a la unidad 140 de control una señal indicativa de la temperatura medida.

5 La unidad 140 de control está operativamente acoplada con el conmutador 20, la unidad 110 de medición de voltaje, la unidad 120 de medición de corriente, la unidad 130 de medición de temperatura y la unidad 150 de comunicación. La unidad 140 de control puede implementarse físicamente utilizando al menos uno de circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC), procesadores de señales digitales (DSP), dispositivos de procesamiento de señales digitales (DSPD), dispositivos lógicos programables (LAD), matrices de puertas programables en campo (FPGA), microprocesadores o unidades eléctricas para llevar a cabo otras funciones.

15 La unidad 140 de control puede incluir una memoria integrada en la misma. La memoria puede almacenar programas y datos necesarios para llevar a cabo métodos de diagnóstico de batería de acuerdo con las siguientes realizaciones. La memoria puede incluir, por ejemplo, al menos un tipo de medio de almacenamiento tal como una memoria flash, un disco duro, un disco de estado sólido (SSD), una unidad de disco de silicio (SDD), una tarjeta multimedia de tipo micro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria estática de acceso aleatorio (SRAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria programable de solo lectura borrable eléctricamente (EEPROM) o una memoria programable de solo lectura (PROM).

20 La unidad 150 de comunicación puede acoplarse con el controlador 2 de alto nivel del sistema 1 de almacenamiento de energía para permitir la comunicación entre los mismos. La unidad 150 de comunicación puede transmitir un mensaje desde el controlador 2 de alto nivel a la unidad 140 de control, y transmitir un mensaje desde la unidad 140 de control al controlador 2 de alto nivel. El mensaje procedente de la unidad 140 de control puede incluir información para notificar una falla de cada celda de batería CB. La comunicación entre la unidad 150 de comunicación y el controlador 2 de alto nivel puede llevarse a cabo utilizando, por ejemplo, redes cableadas tales como una red de área local (LAN), una red de área de controlador (CAN), y redes inalámbricas en cadena y/o de campo cercano tales como Bluetooth, Zigbee y Wi-Fi.

30 La unidad 140 de control puede determinar el estado de carga (SOC) de cada celda de batería CB en función del voltaje de celda, la corriente y/o la temperatura, para cada celda de batería CB. El SOC se puede determinar utilizando métodos conocidos tales como recuento de amperios y filtro de Kalman.

35 La unidad 140 de control puede determinar la capacidad máxima de cada celda de batería CB a partir de una relación entre la cantidad acumulada de corriente y un cambio de SOC, durante un período de tiempo predeterminado, para cada celda de batería CB. La unidad 140 de control puede determinar la capacidad máxima de cada celda de batería CB en función de la cantidad acumulada de corriente y el cambio de SOC durante un período reciente durante el cual el cambio de SOC sea igual o mayor que un cambio umbral predeterminado (por ejemplo, 50 %). Por ejemplo, cuando  $k$  sea un número natural menor que  $n$ , en caso de que la cantidad acumulada de corriente y el cambio de SOC de la celda de batería  $CB_k$  en la última hora sean 50 mAh y 80 %, respectivamente, puede determinarse que la capacidad máxima de la celda de batería  $CB_k$  es  $(50 \text{ mAh}/80 \%) \times 100 \% = 62,5 \text{ mAh}$ .

45 En la memoria descriptiva, "estado de ciclo" se refiere a un estado ENCENDIDO del conmutador 20 para permitir la carga y descarga de cada celda de batería CB. En la memoria descriptiva, "estado de reposo" se refiere a un estado APAGADO del conmutador 20 de modo que no fluya corriente a través de la línea de alimentación LA, es decir, la carga y descarga de cada celda de batería CB están inactivas.

50 La FIG. 2 es un gráfico que muestra a modo de ejemplo los cambios de voltaje en tres celdas de batería mantenidas en un estado de reposo, respectivamente.

En la FIG. 2,  $t_A$  es el tiempo de inicio del estado de reposo,  $t_B$  es el tiempo final del estado de reposo, y se asume que las tres celdas de batería tienen el mismo voltaje de celda en  $t_A$ . Una primera curva 21 muestra los cambios dependientes del tiempo en el voltaje de celda de la primera celda de batería, que tiene una capacidad máxima de  $A$  (por ejemplo, 100 mAh) y está en condiciones normales. Una segunda curva 22 muestra los cambios dependientes del tiempo en el voltaje de celda de la segunda celda de batería, que tiene una capacidad máxima de  $A$  y está en una condición defectuosa. Una tercera curva 23 muestra los cambios dependientes del tiempo en el voltaje de celda de la tercera celda de batería, que tiene una capacidad máxima de  $B$  (por ejemplo, 85 mAh) que es inferior a  $A$  y está en una condición defectuosa.

60 Al comparar la primera curva 21 con la segunda curva 22 se puede observar que, en caso de que las dos celdas de batería tengan la misma capacidad máxima (es decir, el mismo nivel de degradación), una caída de voltaje de celda en la batería defectuosa (por ejemplo, un cortocircuito interno, un cortocircuito externo) es mayor que la caída de voltaje en la celda de batería normal durante el mismo período.

65 Al comparar la segunda curva 22 con la tercera curva 23, se puede observar que una caída de voltaje en la celda de batería que tiene una capacidad máxima más baja es mayor que una caída de voltaje en la celda de batería que tiene

una capacidad máxima más alta, durante el mismo período.

5 En lo sucesivo en el presente documento, se describirá con más detalle las realizaciones para diagnosticar un fallo en cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$ , con referencia a las FIGS. 3 a 5. Los métodos de diagnóstico de batería de acuerdo con las FIGS. 3 y 4 pueden ejecutarse mediante la unidad 140 de control mientras se mantiene la batería 10 en el estado de reposo durante un primer período de descanso y un segundo período de descanso, en respuesta a la transición de la batería 10 desde el estado de ciclo al estado de descanso como se describe mas adelante.

10 La FIG. 3 es un diagrama de flujo que muestra a modo de ejemplo un método de diagnóstico de batería de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación.

Haciendo referencia a las FIGS. 1 a 3, en la etapa S310, la unidad 140 de control mide el voltaje de celda de cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  un primer número de veces para el primer período de descanso. 15 El primer período de descanso puede ir desde un primer punto temporal hasta un segundo punto temporal. El primer punto temporal puede ser un punto temporal en el cual la batería 10 cambie desde el estado de ciclo al estado de reposo (véase el punto temporal  $t_A$  en la FIG. 2). El segundo punto temporal puede ser un punto temporal en el cual haya pasado un primer tiempo de detección de voltaje desde el primer punto temporal. Durante el primer período de descanso, el voltaje de celda de cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  puede medirse en un 20 primer intervalo temporal (por ejemplo, 1 s). El primer número de veces se preajusta en dos o más para eliminar la imprecisión del método cuando se mide el voltaje de celda una sola vez. En consecuencia, el primer tiempo de detección de voltaje puede preestablecerse para que sea igual o mayor que la multiplicación del primer intervalo temporal por el primer número de veces.

25 En la etapa S320, la unidad 140 de control determina el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso en función del voltaje de celda de cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  medido el primer número de veces para el primer período de descanso. El primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso están asociados con la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  en una relación de uno a uno. La unidad 140 de control puede determinar el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para 30 el primer período de descanso usando la siguiente Ecuación 1.

<Ecuación 1>

$$V_{k,1} = \frac{1}{i} \times \sum_{x=1}^i V_k[x]$$

35 En la Ecuación 1, k denota el número natural que es igual o menor que n, i denota el primer número de veces, x denota el número natural que es igual o menor que i,  $V_k[x]$  denota el voltaje de celda de la  $k^{\text{ésima}}$  celda de batería  $CB_k$  medido en el  $x^{\text{ésimo}}$  tiempo dentro del primer período de descanso, y  $V_{k,1}$  denota el voltaje de celda promedio de la  $k^{\text{ésima}}$  celda de batería  $CB_k$  para el primer período de descanso.

40 En la etapa S330, la unidad 140 de control determina un primer voltaje de referencia en función del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso. El primer voltaje de referencia puede ser la media, mediana, el mínimo o el máximo del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso.

45 En la etapa S340, la unidad 140 de control mide el voltaje de celda de cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  un segundo número de veces para el segundo período de descanso. El segundo período de descanso puede ir desde un tercer punto temporal hasta un cuarto punto temporal. El tercer punto temporal es posterior al segundo punto temporal, y es un punto temporal en el cual ha pasado un tiempo umbral desde el primer punto temporal. El tiempo umbral puede ser igual a un tiempo de ajuste predeterminado (por ejemplo, 3 horas) que sea más 50 largo que el primer tiempo de detección de voltaje. El cuarto punto temporal puede ser un punto temporal en el cual haya pasado un segundo tiempo de detección de voltaje desde el tercer punto temporal. Durante el segundo período de descanso, el voltaje de celda de cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  puede medirse en un segundo intervalo temporal. El segundo intervalo temporal puede ser igual al primer intervalo temporal. El segundo número de veces se preajusta en dos o más para eliminar la imprecisión del método cuando se mide el voltaje de 55 celda una sola vez. En consecuencia, el segundo tiempo de detección de voltaje puede preestablecerse para que sea igual o mayor que la multiplicación del segundo intervalo temporal por el segundo número de veces.

60 En la etapa S350, la unidad 140 de control determina el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso en función del voltaje de celda de cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  medido el segundo número de veces para el segundo período de descanso. El primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso están asociados con la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  en una relación de uno a uno. La unidad 140 de control puede determinar el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio

para el segundo período de descanso usando la siguiente Ecuación 2.

<Ecuación 2>

$$V_{k,2} = \frac{1}{j} \times \sum_{y=1}^j V_k[y]$$

5 En la Ecuación 2, k denota el número natural que es igual o menor que n, j denota el segundo número de veces, y denota el número natural que es igual o menor que j,  $V_k[y]$  denota el voltaje de celda de la k<sup>ésima</sup> celda de batería  $CB_k$  medido en el y<sup>ésimo</sup> tiempo dentro del segundo período de descanso, y  $V_{k,2}$  denota el k<sup>ésimo</sup> voltaje de celda promedio para el segundo período de descanso. El segundo número de veces puede ser igual al primer número de veces.

10 En la etapa S360, la unidad 140 de control determina un segundo voltaje de referencia en función del primer al n<sup>ésimo</sup> voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso. El segundo voltaje de referencia puede ser la media, mediana, el mínimo o el máximo del primer al n<sup>ésimo</sup> voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso.

15 En la etapa S370, la unidad 140 de control determina un primer a un n<sup>ésimo</sup> valores de referencia asociados con la primera a la n<sup>ésima</sup> celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  en una relación de uno a uno. Es decir, la k<sup>ésimo</sup> valor de referencia está asociado con la k<sup>ésima</sup> celda de batería  $CB_k$ . Cada valor de referencia puede determinarse usando la siguiente Ecuación 3.

20 <Ecuación 3>

$$R_k = \frac{V_{k,1} - V_{k,2}}{V_{ref,1} - V_{ref,2}}$$

25 En la Ecuación 3, k denota el número natural que es igual o menor que n,  $V_{ref,1}$  denota el primer voltaje de referencia,  $V_{ref,2}$  denota el segundo voltaje de referencia, y  $R_k$  denota el k<sup>ésimo</sup> valor de referencia. Cuando la k<sup>ésima</sup> celda de batería  $CB_k$  se encuentra en condiciones normales, una diferencia entre k<sup>ésimo</sup> voltaje de celda promedio  $V_{k,1}$  para el primer tiempo de descanso y el k<sup>ésimo</sup> voltaje de celda promedio  $V_{k,2}$  para el segundo período de descanso será muy pequeño, por lo que  $R_k$  será también muy pequeño. Por el contrario, cuando la k<sup>ésima</sup> celda de batería  $CB_k$  está en mal estado, el k<sup>ésimo</sup> voltaje de celda promedio  $V_{k,2}$  para el segundo período de descanso se reducirá significativamente con respecto al k<sup>ésimo</sup> voltaje de celda promedio  $V_{k,1}$  para el primer período de descanso, por lo que el k<sup>ésimo</sup> valor de referencia  $R_k$  será muy grande.

30 Como alternativa, la unidad 140 de control puede determinar el k<sup>ésimo</sup> valor de referencia usando la siguiente Ecuación 4, en lugar de la Ecuación 3.

35 <Ecuación 4>

$$R_k = \frac{V_{ref,2} - V_{k,2}}{V_{ref,1} - V_{k,1}}$$

40 En la etapa S380, la unidad 140 de control determina si el k<sup>ésimo</sup> valor de referencia es igual o mayor que un valor de diagnóstico umbral predeterminado, que es mayor que 1. Cuando un valor en la etapa S380 es "Sí", se lleva a cabo la etapa S390. Cuando el valor en la etapa S380 es "No", el método puede terminar.

45 En la etapa S390, la unidad 140 de control ejecuta una operación de seguridad. La operación de seguridad puede ser la generación de una señal de APAGADO y/o de falla del conmutador 20. La señal de falla puede transmitirse al controlador 2 de alto nivel a través de la unidad 150 de comunicación.

50 La FIG. 4 es un diagrama de flujo que muestra a modo de ejemplo un método de diagnóstico de batería de acuerdo con una segunda realización de la presente divulgación. En la descripción de la segunda realización, se han omitido las descripciones en común con la primera realización para evitar redundancias.

55 Haciendo referencia a las FIGS. 1, 2 y 4, en la etapa S400, la unidad 140 de control determina una capacidad máxima promedio de la primera a la n<sup>ésima</sup> celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$ . La capacidad máxima promedio es el resultado de dividir por n la suma de la capacidad máxima de la primera a la n<sup>ésima</sup> celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$ .

60 En la etapa S402, la unidad 140 de control determina un tiempo umbral en función de la capacidad máxima promedio. La unidad 140 de control puede reducir el tiempo umbral a medida que se reduzca la capacidad máxima promedio. La unidad 140 de control puede determinar la resistencia óptima utilizando la siguiente Ecuación 5.

<Ecuación 5>

$$\Delta t_{\text{ésimo}} = \Delta t_{\text{ajuste}} \times \frac{Q_{\text{av}}}{Q_{\text{diseño}}}$$

5 En la Ecuación 5,  $Q_{\text{av}}$  denota la capacidad máxima promedio,  $Q_{\text{diseño}}$  denota una capacidad de referencia predeterminada,  $\Delta t_{\text{ajuste}}$  denota el tiempo de ajuste predeterminado, y  $\Delta t_{\text{ésimo}}$  denota el tiempo umbral.

10 En la etapa S410, la unidad 140 de control mide el voltaje de celda de cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería el primer número de veces para el primer período de descanso. El primer período de descanso puede ir desde el primer punto temporal hasta el segundo punto temporal.

15 En la etapa S420, la unidad 140 de control determina el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso en función del voltaje de celda de cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  medido el primer número de veces para el primer período de descanso (véase la Ecuación 1).

En la etapa S430, la unidad 140 de control determina un primer voltaje de referencia en función del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso.

20 En la etapa S440, la unidad 140 de control mide el voltaje de celda de cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  el segundo número de veces para el segundo período de descanso. El segundo período de descanso puede ir desde el tercer punto temporal hasta el cuarto punto temporal. El tercer punto temporal puede ser un punto temporal en el cual haya pasado, desde el primer punto temporal, el tiempo umbral determinado en la etapa S402.

25 En la etapa S450, la unidad 140 de control determina el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso en función del voltaje de celda de cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  medido el segundo número de veces para el segundo período de descanso (véase la Ecuación 2).

30 En la etapa S460, la unidad 140 de control determina un segundo voltaje de referencia en función del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso.

En la etapa S470, la unidad 140 de control determina un primer a un  $n^{\text{ésimo}}$  valores de referencia asociados con la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  en una relación de uno a uno (véase la Ecuación 3 o 4).

35 En la etapa S480, la unidad 140 de control determina si el  $k^{\text{ésimo}}$  valor de referencia es igual o mayor que un valor de diagnóstico umbral predeterminado, que es mayor que 1. Cuando un valor en la etapa S480 es "Sí", se lleva a cabo la etapa S490. Cuando el valor en la etapa S480 es "No", el método puede terminar.

40 En la etapa S490, la unidad 140 de control ejecuta una operación de seguridad. La operación de seguridad puede ser la generación de una señal de APAGADO y/o de falla del conmutador 20. La señal de falla puede transmitirse al controlador 2 de alto nivel a través de la unidad 150 de comunicación.

45 La FIG. 5 es un diagrama de flujo que muestra a modo de ejemplo un método de diagnóstico de batería de acuerdo con una tercera realización de la presente divulgación. En la descripción de la tercera realización, se han omitido las descripciones en común con la primera y la segunda realizaciones para evitar redundancias.

50 Haciendo referencia a las FIGS. 1, 2 y 5, en la etapa S500, la unidad 140 de control determina un primer a un  $n^{\text{ésimo}}$  valores de diagnóstico en función de la capacidad máxima de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$ , respectivamente. La unidad 140 de control puede aumentar el  $k^{\text{ésimo}}$  valor de diagnóstico a medida que se reduzca la capacidad máxima de la  $k^{\text{ésima}}$  celda de batería  $CB_k$ . La unidad 140 de control puede determinar cada valor de diagnóstico utilizando la siguiente Ecuación 6.

<Ecuación 6>

$$D_k = D_{\text{ajuste}} \times \frac{Q_{\text{diseño}}}{Q_k}$$

55 En la Ecuación 6,  $k$  denota el número natural que es igual o menor que  $n$ ,  $Q_k$  denota la capacidad máxima de la  $k^{\text{ésima}}$  celda de batería  $CB_k$ ,  $Q_{\text{diseño}}$  denota una capacidad de referencia predeterminada,  $D_{\text{ajuste}}$  denota el valor de diagnóstico umbral predeterminado, y  $D_k$  denota el  $k^{\text{ésimo}}$  valor de diagnóstico.

60 En la etapa S510, la unidad 140 de control mide el voltaje de celda de cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  el primer número de veces para el primer período de descanso. El primer período de descanso puede ir desde el primer punto temporal hasta el segundo punto temporal.

En la etapa S520, la unidad 140 de control determina el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer

## ES 2 946 078 T3

período de descanso, respectivamente, en función del voltaje de celda de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  medido el primer número de veces para el primer período de descanso (véase la Ecuación 1).

5 En la etapa S530, la unidad 140 de control determina un primer voltaje de referencia a partir del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso.

10 En la etapa S540, la unidad 140 de control mide el voltaje de celda de cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  el segundo número de veces para el segundo período de descanso. El segundo período de descanso puede ir desde el tercer punto temporal hasta el cuarto punto temporal. El tercer punto temporal es posterior al segundo punto temporal, y es un punto temporal en el cual ha pasado el tiempo umbral desde el primer punto temporal. El tiempo umbral puede ser igual al tiempo de ajuste predeterminado (por ejemplo, 3 horas).

15 En la etapa S550, la unidad 140 de control determina el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso, respectivamente, en función del voltaje de celda de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  medido el segundo número de veces para el primer período de descanso (véase la Ecuación 2).

En la etapa S560, la unidad 140 de control determina un segundo voltaje de referencia a partir del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso.

20 En la etapa S570, la unidad 140 de control determina un primer a un  $n^{\text{ésimo}}$  valores de referencia asociados con la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería  $CB_1 \sim CB_n$  en una relación de uno a uno (véase la Ecuación 3 o 4).

25 En la etapa S580, la unidad 140 de control determina si el  $k^{\text{ésimo}}$  valor de referencia es igual o mayor que el  $k^{\text{ésimo}}$  valor de diagnóstico. Cuando un valor en la etapa S580 es "Sí", se lleva a cabo la etapa S590. Cuando el valor en la etapa S580 es "No", el método puede terminar.

30 En la etapa S590, la unidad 140 de control ejecuta una operación de seguridad. La operación de seguridad puede ser la generación de una señal de APAGADO y/o de falla del conmutador 20. La señal de falla puede transmitirse al controlador 2 de alto nivel a través de la unidad 150 de comunicación.

En respuesta a la señal de falla, el controlador 2 de alto nivel puede emitir información a un gerente notificando la falla de la  $k^{\text{ésima}}$  celda de batería  $CB_k$ .

35 Las realizaciones de la presente divulgación descritas anteriormente no se implementan solo a través del aparato y el método, y pueden implementarse a través de programas que realizan las funciones correspondientes a las configuraciones de las realizaciones de la presente divulgación o medios de grabación que tienen los programas grabados en ellos, y tal implementación pueden lograrla fácilmente los expertos en la técnica a partir de la divulgación de las realizaciones descritas anteriormente.

40 Si bien la presente divulgación se ha descrito anteriormente con respecto a un número limitado de realizaciones y dibujos, la presente divulgación está definida por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato de diagnóstico de batería, que comprende:

5 una unidad de medición de voltaje configurada para medir un voltaje de celda de cada una de una primera a una  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería, en donde n es un número natural de 2 o mayor; y una unidad de control acoplada operativamente a la unidad de medición de voltaje, en donde la unidad de control está configurada para:

10 determinar un primer a un  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para un primer período de descanso asociado con la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería en una relación de uno a uno, en función del voltaje de celda de cada celda de batería que se mide un primer número de veces durante el primer período de descanso, en donde el primer período de descanso va desde un primer punto temporal hasta un segundo punto temporal, determinar un primer a un  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para un segundo período de descanso asociado con la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería en una relación de uno a uno, en función del voltaje de celda de cada celda de batería que se mide un segundo número de veces durante el segundo período de descanso, en donde el segundo período de descanso va desde un tercer punto temporal hasta un cuarto punto temporal, y el tercer punto temporal es posterior al segundo punto temporal, y es un punto temporal en el cual ha pasado un tiempo umbral desde el primer punto temporal, y  
 20 diagnosticar una falla en cada una de la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería, en función del primer el  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso y del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso.

2. El aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el primer punto temporal es un punto temporal en el cual la primera a la  $n^{\text{ésima}}$  celdas de batería se cambian de un estado de ciclo a un estado de reposo.

3. El aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de control está configurada para determinar el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso usando la siguiente Ecuación 1:

<Ecuación 1>

$$V_{k,1} = \frac{1}{i} \times \sum_{x=1}^i V_k[x]$$

35 en donde k es un número natural que es igual o menor que n, i es el primer número de veces, x es un número natural que es igual o menor que i,  $V_k[x]$  es el voltaje de celda de la  $k^{\text{ésima}}$  celda de batería medido en el  $x^{\text{ésimo}}$  tiempo dentro del primer período de descanso, y  $V_{k,1}$  es el  $k^{\text{ésimo}}$  voltaje de celda promedio para el primer período de descanso.

4. El aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la unidad de control está configurada para determinar el primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso usando la siguiente Ecuación 2:

<Ecuación 2>

$$V_{k,2} = \frac{1}{j} \times \sum_{y=1}^j V_k[y]$$

45 en donde k es un número natural que es igual o menor que n, j es el segundo número de veces, y es un número natural que es igual o menor que j,  $V_k[y]$  es el voltaje de celda de la  $k^{\text{ésima}}$  celda de batería medido en el  $x^{\text{ésimo}}$  tiempo dentro del segundo período de descanso, y  $V_{k,2}$  es el  $k^{\text{ésimo}}$  voltaje de celda promedio para el segundo período de descanso.

5. El aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la unidad de control está configurada para:

55 determinar un primer voltaje de referencia en función del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el primer período de descanso, y determinar un segundo voltaje de referencia en función del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso.

6. El aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la unidad de control está configurada para determinar un primer a un n<sup>ésimo</sup> valores de referencia asociados con la primera a la n<sup>ésima</sup> celdas de batería en una relación de uno a uno, usando la siguiente Ecuación 3:

5 <Ecuación 3>

$$R_k = \frac{V_{k_1} - V_{k_2}}{V_{ref_1} - V_{ref_2}}$$

10 en donde k es un número natural que es igual o menor que n, V<sub>ref\_1</sub> es el primer voltaje de referencia, V<sub>ref\_2</sub> es el segundo voltaje de referencia, y R<sub>k</sub> es el k<sup>ésimo</sup> valor de referencia.

7. El aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la unidad de control está configurada para determinar un primer a un n<sup>ésimo</sup> valores de referencia asociados con la primera a la n<sup>ésima</sup> celdas de batería en una relación de uno a uno, usando la siguiente Ecuación 4:

15 <Ecuación 4>

$$R_k = \frac{V_{ref_2} - V_{k_2}}{V_{ref_1} - V_{k_1}}$$

20 en donde k es un número natural que es igual o menor que n, V<sub>ref\_1</sub> es el primer voltaje de referencia, V<sub>ref\_2</sub> es el segundo voltaje de referencia, y R<sub>k</sub> es el k<sup>ésimo</sup> valor de referencia.

25 8. El aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la unidad de control está configurada para diagnosticar que la k<sup>ésima</sup> celda de batería está defectuosa cuando el k<sup>ésimo</sup> valor de referencia sea igual o mayor que un valor de diagnóstico umbral predeterminado que sea mayor que 1.

9. El aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la unidad de control está configurada para:

30 determinar un primer a un n<sup>ésimo</sup> valores de diagnóstico en función de la capacidad máxima de cada una de la primera a la n<sup>ésima</sup> celdas de batería, siendo cada valor de diagnóstico mayor que 1, y diagnosticar que la k<sup>ésima</sup> celda de batería está defectuosa cuando el k<sup>ésimo</sup> valor de referencia sea igual o mayor que el k<sup>ésimo</sup> valor de diagnóstico.

35 10. El aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con la reivindicación 9, en donde la unidad de control está configurada para aumentar el k<sup>ésimo</sup> valor de diagnóstico a medida que se reduzca la capacidad máxima de la k<sup>ésima</sup> celda de batería.

40 11. El aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de control está configurada para determinar el umbral de tiempo en función de una capacidad máxima promedio de la primera a la n<sup>ésima</sup> celdas de batería.

45 12. El aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la unidad de control está configurada para reducir el tiempo umbral a medida que se reduzca la capacidad máxima promedio.

13. Un sistema de almacenamiento de energía que comprende el aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

50 14. Un método de diagnóstico de batería que puede ejecutarse mediante el aparato de diagnóstico de batería de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, comprendiendo el método de diagnóstico de la batería:

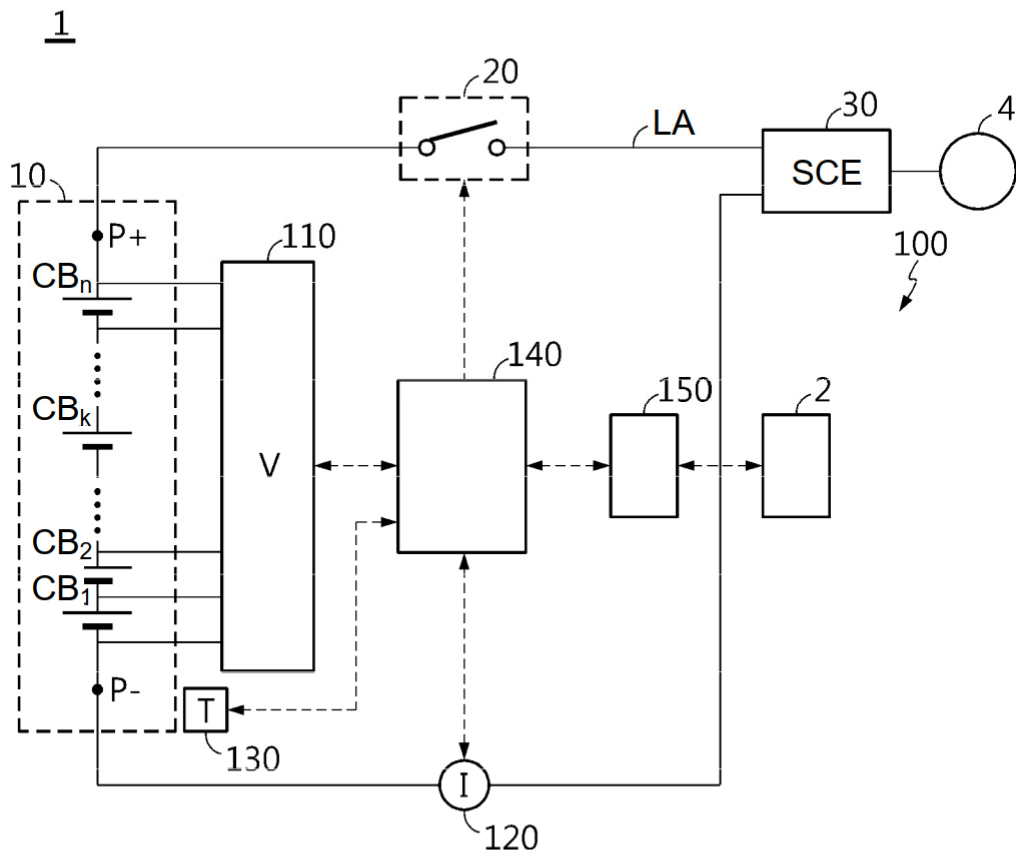
55 determinar un primer a un n<sup>ésimo</sup> voltajes de celda promedio para un primer período de descanso asociado con una primera a una n<sup>ésima</sup> celdas de batería en una relación de uno a uno, respectivamente, en función de los voltajes de celda de la primera a la n<sup>ésima</sup> celdas de batería medidos un primer número de veces durante el primer período de descanso, en donde el primer período de descanso va desde un primer punto temporal hasta un segundo punto temporal, y n es un número natural de 2 o mayor;

60 determinar un primer a un n<sup>ésimo</sup> voltajes de celda promedio para un segundo período de descanso asociado con la primera a la n<sup>ésima</sup> celdas de batería en una relación de uno a uno, en función de un voltaje de celda de cada celda de batería medido un segundo número de veces durante el segundo período de descanso, en donde el segundo período de descanso va desde un tercer punto temporal hasta un cuarto punto temporal, y el tercer punto temporal es posterior al segundo punto temporal, y es un punto temporal en el cual ha pasado un tiempo umbral desde el primer punto temporal; y

diagnosticar una falla en cada una de la primera a la n<sup>ésima</sup> celdas de batería, en función del primer al n<sup>ésimo</sup> voltajes

de celda promedio para el primer período de descanso y del primer al  $n^{\text{ésimo}}$  voltajes de celda promedio para el segundo período de descanso.

**FIG. 1**



**FIG. 2**

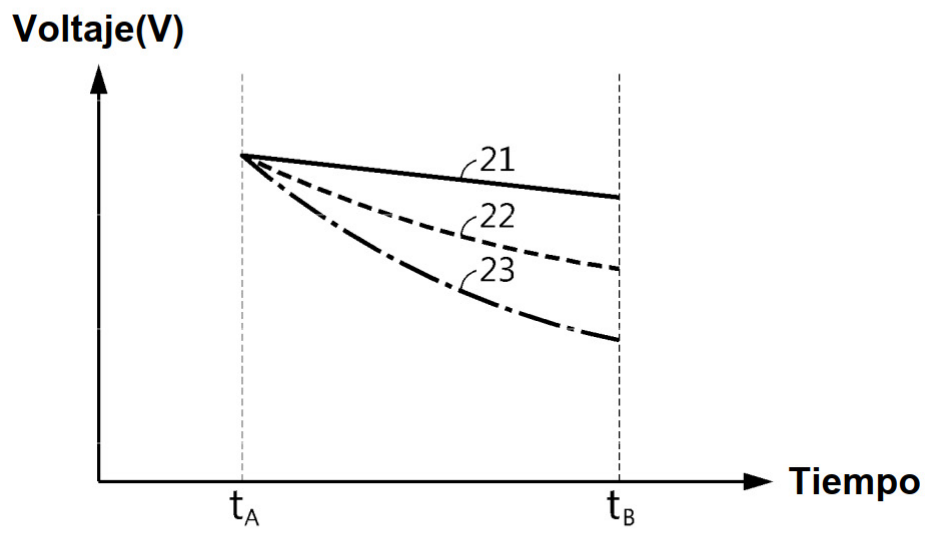
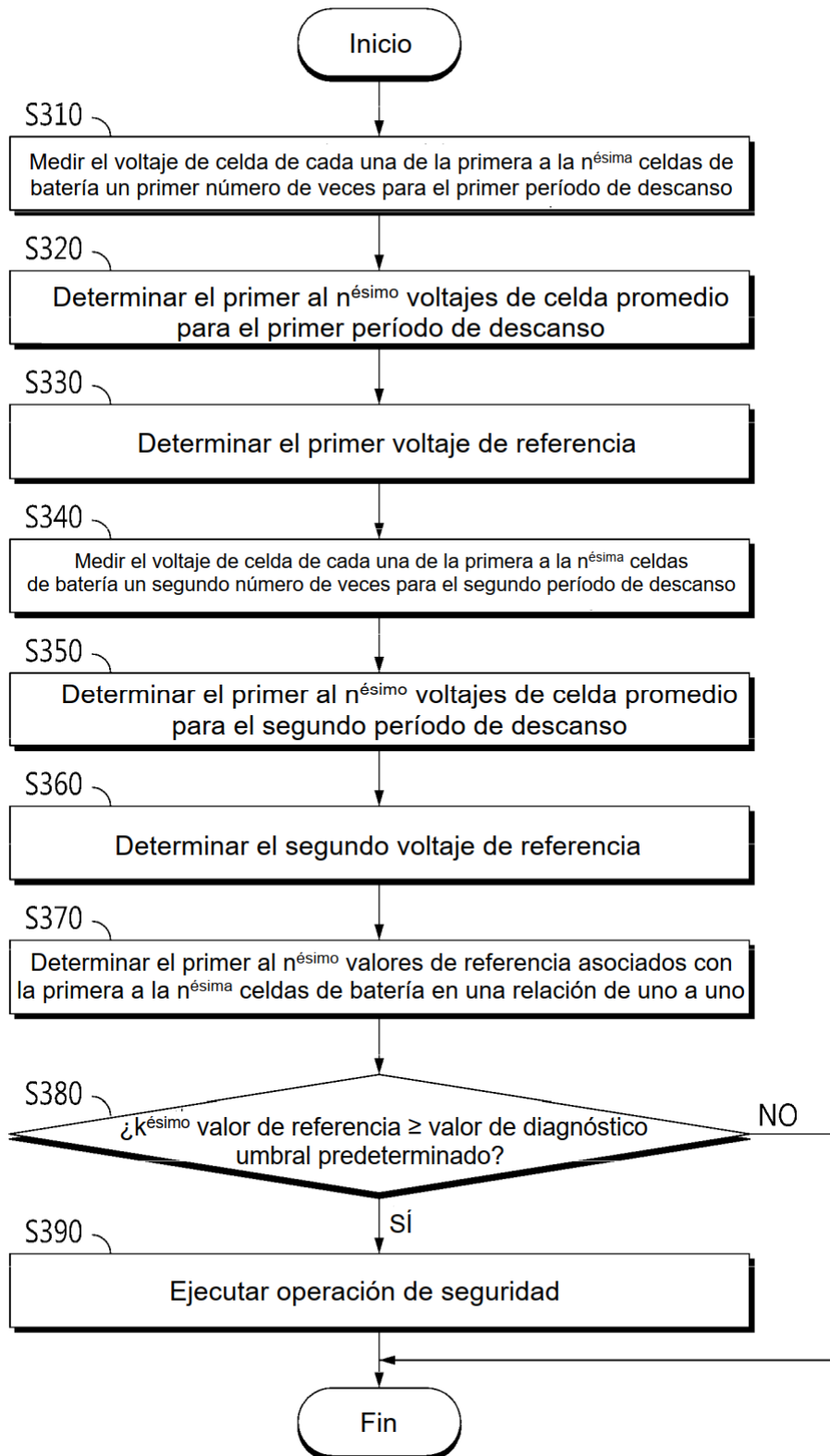
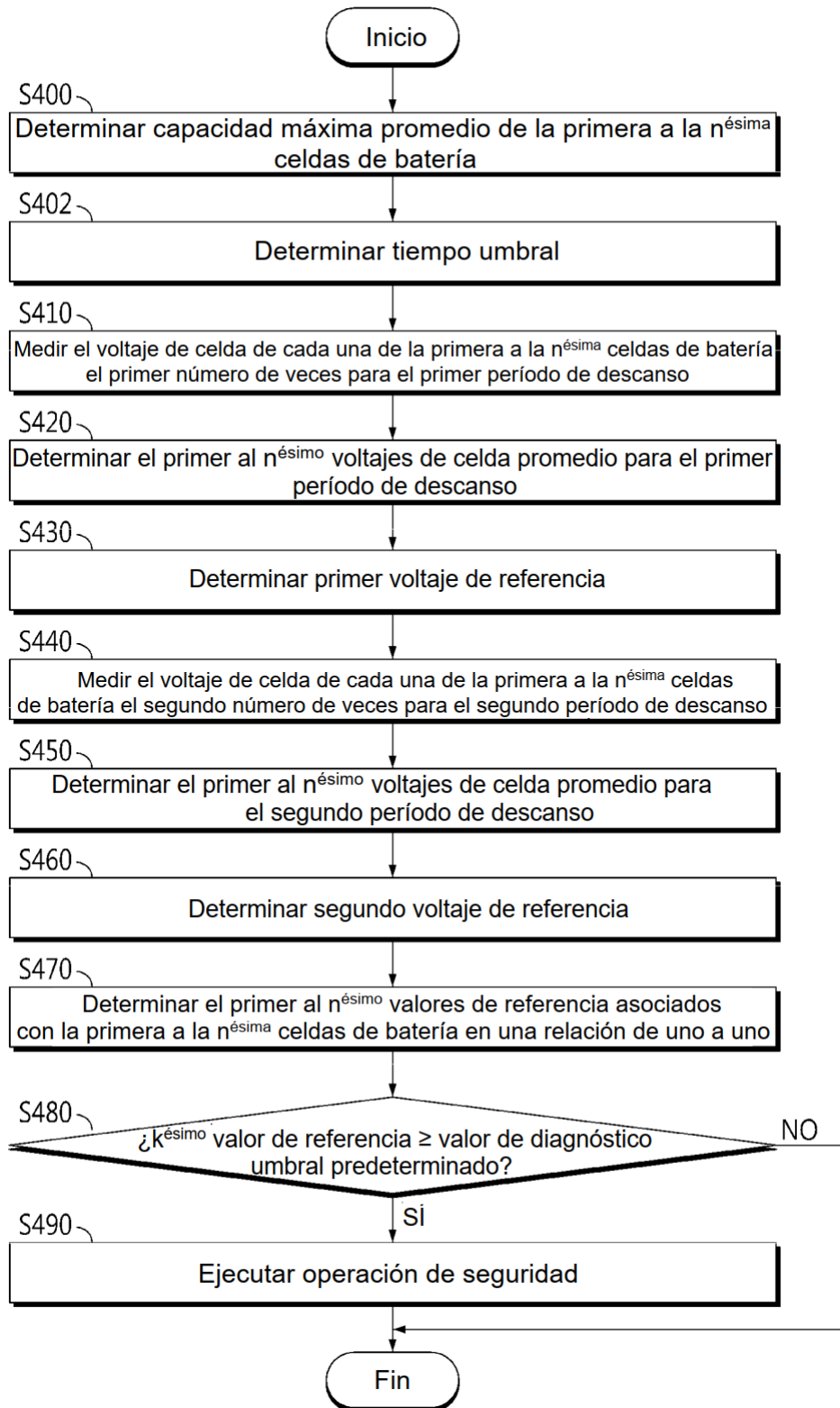


FIG. 3



**FIG. 4**



**FIG. 5**

